УДК 338.519.004.7

Д.Р. Табачишин[1], В.С. Ленько[1], Н.Е. Кунанець[1], В.В. Пасічник[1], Ю.М. Щербина[2]
[1]Національний університет «Львівська політехніка», Україна
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013
[2]Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна
вул. Університетська, 1, м. Львів, 79000

ЕКСПЕРТНЕ ОЦІНЮВАННЯ «РОЗУМНОСТІ МІСТА» ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

D.R. Tabachyshyn[1], V.S. Lenko[1], N.E. Kunanets[1], V.V. Pasichnyk[1], Y.M. Shcherbyna[2]
[1]Lviv Polytechnic National University, Ukraine
12, S. Bandery str., Lviv, 79013
[2]Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine
1, Universytetska str. Lviv, 79000

AN EXPERT EVALUATION OF CITY SUSTAINABILITY USING FUZZY LOGIC

У роботі розглянуто застосування методів експертного оцінювання та нечіткої логіки для визначення рівня «розумності» міста. Описано підходи до формування експертних груп, оцінювання міста за сукупністю критеріїв та метод отримання кількісних оцінок, що ґрунтується на теорії нечіткої логіки. Представлено гіпотетичні приклади оцінювання «розумності» курортних міст у Львівській області.

Ключові слова: розумне місто, експертна оцінка, нечітка логіка.

The paper describes an application of the methods of expert assessment and fuzzy logic to the problem of a city sustainability evaluation. It presents the approaches to formation of expert groups, evaluation of a city, based on multiple criteria and a method for quantitative estimation that is grounded on the fuzzy logic theory. A hypothetical example of the sustainability evaluation for the resort cities in Lviv region are provided.

Keywords: smart city, expert assessment, fuzzy logic.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Стрімкий розвиток інформаційних технологій, значний поступ у створенні систем штучного інтелекту стали вагомими чинниками розвитку інфраструктури міст. Відбувається інтенсивне дослідження науково-прикладних проектів під загальною назвою «розумне місто», які описують процеси функціонування міських спільнот середнього технологічного розміру. У процесі дослідження формуються моделі та прототипи міських середовищ, що передбачають стабільність, комфортність, привабливість і безпечність проживання для їх мешканців. Разом з тим формування параметрів для вимірювання «розумності» є актуальною науково-прикладною задачею, розв’язання якої дозволило б створити інноваційні методологічні підходи до реалізації проектів класу «розумне місто» [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Зарубіжними науковцями проведено ряд наукових розвідок щодо формування критеріїв оцінювання міст для присвоєння їм статусу «розумного». Більшість підходів базується на методах нечіткої логіки, які широко використовуються в різних областях досліджень. Їх здатність працювати зі складними системами, в яких формалізація уявлень є ускладненою чи навіть неможливою, створила йому реноме потужного інструмента. Одним із застосувань такого підходу є отримання кількісних оцінок «розумності міста»: відповідний метод був представлений у роботі [2]. Ідея цього методу полягає у чисельному узагальнені оцінок, виставлених експертною групою з кількох осіб, щодо важливості критеріїв моделі «розумного міста» та рівня

їх втілення у певному місті. Авторами запропоновано оригінальні підходи до формування критеріїв та проведення параметризації «розумних міст». У роботі [3] запропоновано методологію формування моделі «розумного міста», яка відповідає вимогам грантової програми «Intelligent Energy – Europe (IEE)» під егідою Європейського Союзу. Разом з тим, сучасні методи оцінювання «розумності» міст та регіонів є дуже розрізненими і не уніфікованими.

Якість вхідних даних значною мірою впливає на якість результату, тому спосіб їх формування є важливим. Передбачається, що критерії «розумності» та стан міста оцінюються кваліфікованою групою експертів. У статті [4] подано основні принципи застосування методу експертних оцінок, способи підбору експертів, математичні формули для розрахунку необхідних показників та критерії визначення достовірності отриманих результатів. У монографії [5] ґрунтовно розглянуто прикладні, теоретичні та методологічні аспекти методів експертних оцінок. Наявність такої методологічної бази дозволяє з великою долею впевненості прогнозувати належну якість проведення експертного оцінювання.

Формулювання цілей статті

Дослідження моделі «розумного міста», методу обчислення характеристик на основі нечіткої логіки, способів формування експертних груп та визначення рівнів «розумності» курортних населених пунктів Львівської області, зокрема соціополісу Трускавець, є основними цілями даної статті.

Аналіз методології формування експертних оцінок

Розроблення методологічних та інформаційно-технологічних засад формування соціополісу Трускавець як «розумного» конгломерату курортних містечок є необхідністю, що дозволить системно оцінювати стан та розвиток таких угрупувань. Для часткового розв’язання цієї задачі пропонується сформувати систему характеристик та специфічних інструментів вимірювання рівня «розумності» на основі комплексу відповідних лінгвістичних змінних та інформаційно-технологічних процедур їх оцінювання.

Наявність відповідних вимірювань для декількох соціополісів створює можливість для порівняння та поширення корисних стратегій розвитку. Такі моделі, зазвичай, слугують індикаторами поточного стану соціополісу та дозволяють обґрунтовано визначати проблемні та привабливі сфери, і, відповідно, напрямки для інвестування, зокрема визначити напрями розвитку соціополісу Трускавець для отримання статусу «зеленого».

Важливим етапом проведення нашого дослідження є аналіз результатів експертного оцінювання. При цьому особливої ваги надається створенню експертних груп та відбору до них експертів. За визначенням, експерт – це висококваліфікований фахівець у певній предметній області, оцінкам якого довіряють і запрошують висловити думку про певний об’єкт або його функціональність.

Експоненційний приріст інформації та складність її змісту породжує необхідність базувати процеси прийняття важливих рішень на висновках висококваліфікованих експертів. Як правило, виділяють три основні групи споживачів експертної оцінки: громадськість в узагальненій формі; політики і влада; експерти та вчені [4]. Методика проведення експертної оцінки переважно полягає у виконанні сталого алгоритму:

Крок 1. Обґрунтування потреби проведення експертного оцінювання.

Крок 2. Формування плану проведення експертизи, який передбачає: визначення цілей та завдань; розроблення анкети опитування; обрання методів

відбору компетентних експертів, експертного оцінювання та опрацювання отриманих результатів.

Крок 3. Створення експертної групи та власне оцінювання.

Крок 4. Опрацювання результатів оцінювання:

– розрахунок відносних показників;

– усереднення групових оцінок із врахуванням шкали ваги експертів;

– використання класичних непараметричних методів для розрахунку різниці між відносними чи середніми величинами;

– визначення взаємозалежності між оцінками експертів.

На основі результатів експертного оцінювання сучасного стану розвитку соціополісу Трускавець можна розпочинати моделювання процесів його розвитку. Такий підхід вимальовується при відсутності можливості точного прогнозування наслідків прийнятого рішення та експериментальної його перевірки, повноти інформації.

Якість оцінок, наданих експертами, має безпосередній вплив на ефективність прийнятого рішення щодо подальшого розвитку соціополісу. Це стає підставою відбору до команди експертів компетентних у даній предметній області осіб. Оцінювання компетентності експертів переважно відбувається різними способами, які ґрунтуються на об'єктивному та суб'єктивному підходах. Кожен із способів має свої методи. На певній об'єктивності базуються документний та експериментальний методи. При першому способі обрання експертів відбувається на основі аналізу відомостей, зафіксованих у документах: наявність наукового ступеня та вченого звання, стажу роботи за спеціальністю та високої атестаційної категорії. При використанні експериментального методу предметом аналізу стають оцінки експертів, надані в попередніх дослідженнях.

Поєднання процедур само- та взаємооцінювання базується на аналізі характеристик, наданих певному спеціалісту, який не позбавлений суб'єктивізму, його колегами. Аналогічно можна стверджувати і про самооцінювання, оскільки визначена самим експертом ефективність своєї роботи у попередніх експертних групах не може бути об'єктивною [3].

Експерту притаманний певний набір компетентностей, серед яких неабияку роль відіграє креативність, евристичність, вміння прогнозувати, незалежність, володіння предметною областю та інтуїція. Нижче, в таблиці 1 подано пояснення перелічених якостей «ідеального» експерта:

Таблиця 1. Якісні вимоги до експертів при плануванні експертної оцінки [3]

Якість	*Опис якісної характеристики*
Креативність	Здатність вирішувати творчі завдання, метод вирішення яких повністю чи частково невідомий
Евристичність	Здатність вирішувати творчі завдання, метод вирішення яких повністю чи частково невідомий
Інтуїція	Здатність робити висновки про досліджуваний об'єкт без усвідомлення руху думок за даним питанням
Вміння прогнозувати	Здатність передбачати чи прогнозувати майбутній стан досліджуваного об'єкта
Незалежність	Можливість відстоювати свою точку зору на противагу загальноприйнятим твердженням та громадській думці
Володіння предметною областю	Здатність бачити проблему з різних точок зору

Після завершення організаційного етапу, створена експертна група обирає метод проведення експертного оцінювання та продукує результати. Розрізняють індивідуальні (інтерв'ювання, аналітичний спосіб) та групові (метод Дельфі, метод «мозкового штурму) методи експертного оцінювання. Вибір методу залежить від поставлених цілей та можливостей організаторів. У роботі [4] детально описана методика проведення дослідження з використанням вищевказаних методів.

Метод оцінювання «розумності міста»

Метод оцінювання розумності міст, який розглядається у статті, вперше був запропонований у роботі [2]. Суть методу полягає в оцінці «розумності» міста за допомогою логіки нечітких чисел. Експерти можуть оцінювати певні показники та критерії в розмитій, нечітко сформульованій лінгвістичній формі (в подальшому їхні оцінки подаються у вигляді матриць нечітких чисел). Наступним кроком є усереднення значень оцінок усіх експертів, які беруть участь у дослідженні. За допомогою формул, поданих нижче, визначаються ваги показників, які ще є нечіткими. За допомогою дефазифікації нечіткі числа набувають ознак простих чисел – індикаторів «розумності» міста. Метод розрахунку параметрів «розумності» соціополісу полягає у наступних кроках:

Крок 1. Визначення кількості критеріїв, експертів, показників.

Крок 2. Збір оцінок експертів щодо кожного критерію та показнику.

Крок 3. Усереднення всіх оцінок експертів.

Крок 4. Розрахунок ваг W, X, Y, Z, L1, L2, U1, U2, де K – кількість критеріїв, а L – межі оцінки [0,L].

Крок 5. Дефазифікація та нормалізація нечітких індикаторів (кожен Y_i ділиться на суму Y).

Крок 6. Побудова пелюсткової діаграми зі значень, отриманих на кроці 5.

Експерт J_i висловлює свої оцінки у вигляді нечітких чисел $\bar{a}_{ij}^{k} = \left(a_{ij}^{k} / b_{ij}^{k}, \gamma_{ij}^{k} / \delta_{ij}^{k}\right)$ і $\bar{b}_{kj} = (\varepsilon_{kj} / \varsigma_{kj}, \eta_{kj} / \theta_{kj})$, тоді середні значення визначаються: $\alpha_{ik} = \sum_{j} n = 1 \frac{\alpha_{ij}^{k}}{n}$.

Після того, як значення $(\bar{\alpha}_{ij}^{k}, \bar{b}_{kj})$ отримано, вагові коефіцієнти можуть бути виражені як: $(W_i[L_1, L_2]/ X_i, Y_i / Z_i[U_1, U_2])$, де схема функції приналежності визначається наступним чином:

- нуль зліва від W_i, $L_1 \cdot y^2 + L_2 \cdot y + W_i = x$ в $[W_i, X_i]$;
- горизонтальна лінія для $(X_i, 1)$ до $(Y_j, 1)$ $U_1 \cdot y^2 + U_2 \cdot y + Z_i = x$ в $[Y_i, Z_i]$;
- нуль справа від Z_i, з:

$$W_i = \sum_{k=1}^{K} \frac{\alpha_{ik} \cdot \varepsilon_k}{K \cdot L} \qquad X_i = \sum_{k=1}^{K} \frac{\beta_{ik} \cdot \zeta_k}{K \cdot L}$$

$$Y_i = \sum_{k=1}^{K} \frac{\gamma_{ik} \cdot \eta_k}{K \cdot L} \qquad Z_i = \sum_{k=1}^{K} \frac{\delta_{ik} \cdot \theta_k}{K \cdot L}$$

$$L_1 = \sum_{k=1}^{K} \frac{(\beta_{ik} - \alpha_{ik}) \cdot (\zeta_k - \varepsilon_k)}{K \cdot L} \qquad L_2 = \sum_{k=1}^{K} \frac{a_{ik} \cdot (\zeta_k - \varepsilon_k) + \varepsilon_k (\beta_{ik} - \alpha_{ik})}{K \cdot L}$$

$$U_1 = \sum_{k=1}^{K} \frac{(\delta_{ik} - \gamma_{ik}) \cdot (\theta_k - \eta_k)}{K \cdot L} \qquad U_2 = -\sum_{k=1}^{K} \frac{\theta_{ik} \cdot (\delta_{ik} - \gamma_{ik}) + \delta_{ik}(\theta_k - \eta_k)}{K \cdot L}.$$

Елементи W_i, X_i, Y_i, Z_i є компонентами ваги (нечіткими числами), в той час, як умови L1, L2, U1, U2 є коефіцієнтами з полінома 2-го порядку, який представляє членство ваги нечіткого числа. Після того як вагові коефіцієнти, якими є нечіткі числа, обчислено, необхідно отримати реальне (чітке) число методом дефазифікації. Один із методів заснований на середніх значеннях з використанням наступного співвідношення:

$$F(A_i) = \int_0^1 (1/2) \cdot \left[g_1(y \mid A_i) + g_2(y \mid A_i) \right] = \frac{1}{6} \cdot (L_{1i} + U_{1i}) + \frac{1}{4}(L_{2i} + U_{2i}) + \frac{1}{2} \cdot (W_i + Z_i).$$

Модель «розумного міста»

Європейська Комісія сприяє «розумним містам» у подоланні викликів у галузі енергетичної ефективності, використання поновлюваних джерел енергії і зеленій мобільності великих міст [6-8]. З урахуванням інвестицій у технології з низьким викидом парникових газів, у європейської промисловості з’явилися можливості стати лідером в області високої енергоефективності та використанні екологічно чистих технологій. На тлі економічних і технологічних змін, викликаних глобалізацією та інтеграційними процесами, міста в Європі дедалі частіше стикаються з необхідністю одночасного досягнення взаємно обумовлених цілей, конкурентоспроможності та сталого розвитку. Зрозуміло, що ця проблема торкається і таких питань як житло, економіка, культура, соціальні та екологічні умови проживання.

Загалом проект спрямований на міста середніх розмірів і стає запорукою перспективи їх розвитку. Незважаючи на те, що переважна більшість міського населення проживає в середніх за розміром містах, основна увага в сучасних «міських» дослідженнях приділяється «глобальним» метрополіям. І, як наслідок, проблеми середніх міст, які є доволі різноманітними, залишаються не достатньо дослідженими. Середні міста, які в цих питаннях змушені конкурувати з великими мегаполісами, не достатньо забезпечені ресурсами і не мають необхідний організаційний потенціал.

Для того щоб мати змогу слідкувати за дотриманням плану розвитку і досягненням поставлених цілей, міста повинні виділити свої сильні сторони та можливості для подальшого зростання, забезпечення переваг у певних ключових ресурсах, у порівнянні з іншими містами того ж рівня. Присвоєння містам певних рейтингів є інструментом для ідентифікації їх активів. На даний час рейтингування міст є поширеною практикою. Рейтинги, які формуються різними фірмами, сильно відрізняються між собою у підходах і методах. Зазвичай, вони переслідують цілком конкретні цілі, орієнтовані на інтереси зацікавлених осіб. У випадках низьких рейтингів, місцеві органи влади обговорюють ці результати з громадою. Через різні інтереси, приховані за критеріями, які використовуються при рейтингуванні, показники та методологічні підходи, які є нормою в одному місті, можуть суттєво відрізнятися в іншому.

Для проведення рейтингування необхідно вибрати місто-еталон. Відповідно до мети проекту та його тривалості, еталон повинен відповідати двом критеріям: міста повинні бути середнього розміру і відомості про них повинні міститися у доступних та актуальних базах даних. Найбільш повний список міст Європи, що можуть рейтингуватись, подано у проекті ESPON 1.1.1. У просторі ESPON розміщено дані

майже про 1600 міст, зокрема об'ємними є відомості про їх населення та інші функціональні особливості. З огляду на це, сформовані три базові критерії для цих 1600 міст, які визначені як середні:

– міське населення від 100000 до 500000;
– у місті функціонує принаймні 1 університет;
– площа водозабору розрахована менше ніж на 1500000 жителів.

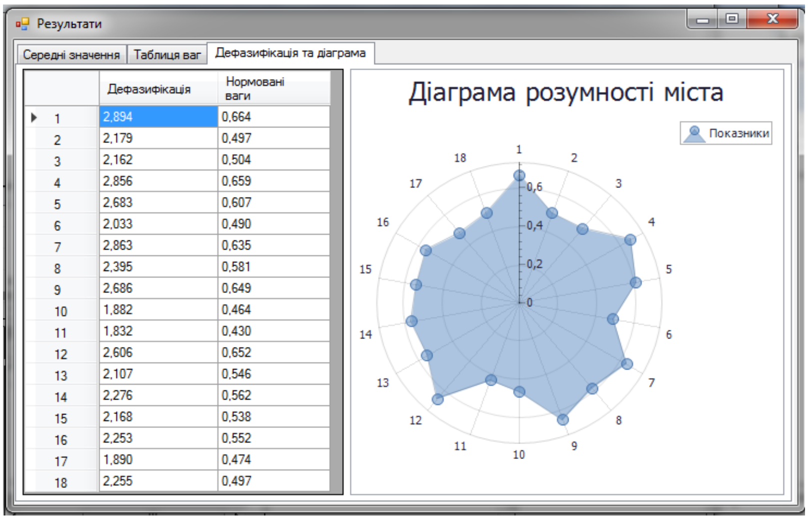
Оцінка соціополісу «Трускавець»

Для дослідження пропонується обрати екосоціополіс «Трускавець», до складу якого входять населені пункти: м. Борислав, м. Дрогобич, м. Стебник, смт. Східниця, м. Трускавець. Основні характеристики перелічених населених пунктів, що входять до екосоціополісу «Трускавець», наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Статистика міст соціополісу «Трускавець»

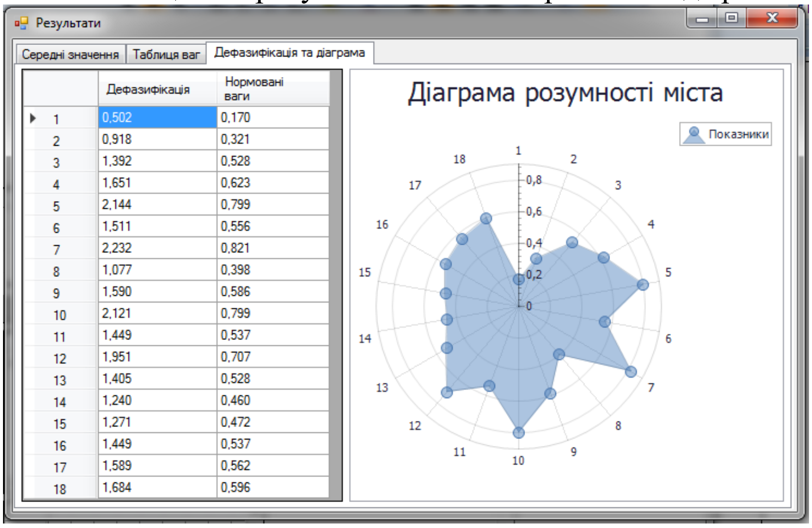
Місто	***Дрогобич***	***Борислав***	***Трускавець***	***Стебник***
Рік заснування	1387	1387	1462	1440
К-сть осіб станом на 01.01.2001 р. (тис. осіб)	79,1	38,1	31	20,9
К-сть осіб станом на 01.01.2011 р. (тис. осіб)	77,6	35,1	29,7	21,1
Динаміка чисельності населення порівняно з 2001 р. (тис. осіб)	-1,5	-3,0	-1,3	+0,2
Щільність населення (осіб/га)	24,7	10,3	40,1	17,4
Загальна земельна площа (га)	4446	3763	820	829
Забудовані землі (га)	1976,9	1393,4	602,4	432
Загальна площа зелених масивів (га)	533	2663	391	98
Громадського користування (га)	290	2596	39	8
Припадає на особу м^2 громадського користування	6,9/3,7	75,9/74	13,2/1,3	4,6/0,4

Зазначеним критеріям відповідає екосоціополіс «Трускавець», на території якого функціонує ряд вищих навчальних закладів, серед яких Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Інститут іноземних мов, Інститут нафти і газу, Інститут фізкультури, Дрогобицький проектний інститут, Інститут фізики і математики, а також філії ВНЗ, розташованих у великих містах: Вінницького проектного інституту, Тернопільського економічного університету, Національного університету «Львівська політехніка». Загальна кількість населення екосоціополісу «Трускавець» складає понад 150 тис. населення. Гіпотетичні оцінки «розумності» екосоціополісу «Трускавець» та його складових виглядають наступним чином:



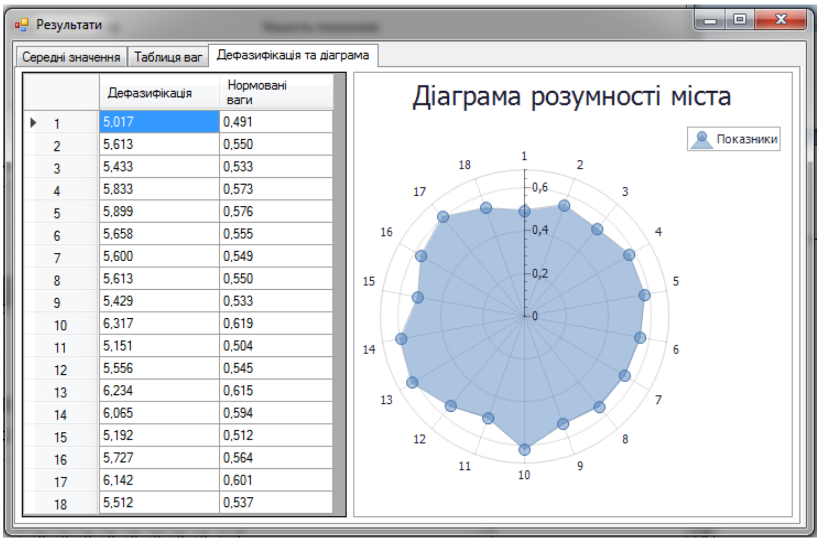
	Дефазифікація	Нормовані ваги
1	2,894	0,664
2	2,179	0,497
3	2,162	0,504
4	2,856	0,659
5	2,683	0,607
6	2,033	0,490
7	2,863	0,635
8	2,395	0,581
9	2,686	0,649
10	1,882	0,464
11	1,832	0,430
12	2,606	0,652
13	2,107	0,546
14	2,276	0,562
15	2,168	0,538
16	2,253	0,552
17	1,890	0,474
18	2,255	0,497

Рис. 1. Гіпотетична оцінка «розумності» міста Борислава від трьох експертів



	Дефазифікація	Нормовані ваги
1	0,502	0,170
2	0,918	0,321
3	1,392	0,528
4	1,651	0,623
5	2,144	0,799
6	1,511	0,556
7	2,232	0,821
8	1,077	0,398
9	1,590	0,586
10	2,121	0,799
11	1,449	0,537
12	1,951	0,707
13	1,405	0,528
14	1,240	0,460
15	1,271	0,472
16	1,449	0,537
17	1,589	0,562
18	1,684	0,596

Рис. 2. Гіпотетична оцінка «розумності» міста Дрогобича від трьох експертів



	Дефазифікація	Нормовані ваги
1	5,017	0,491
2	5,613	0,550
3	5,433	0,533
4	5,833	0,573
5	5,899	0,576
6	5,658	0,555
7	5,600	0,549
8	5,613	0,550
9	5,429	0,533
10	6,317	0,619
11	5,151	0,504
12	5,556	0,545
13	6,234	0,615
14	6,065	0,594
15	5,192	0,512
16	5,727	0,564
17	6,142	0,601
18	5,512	0,537

Рис. 3. Гіпотетична оцінка «розумності» міста Трускавець від трьох експертів

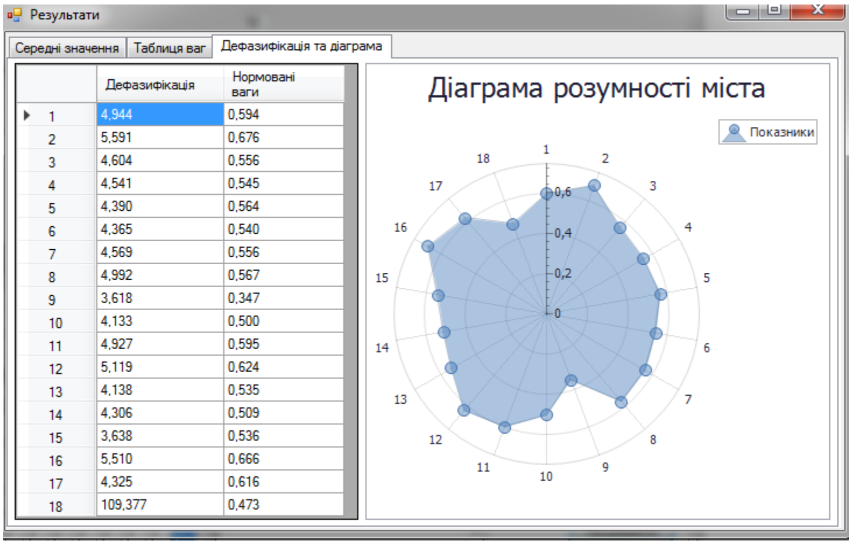


Рис.4. Гіпотетична оцінка «розумності» смт. Східниця від трьох експертів

Висновки

Інноваційні проекти «розумне місто» передбачають моделювання міст, у яких інформаційні технології сприяють його економічному та соціальному розвитку, покращенню якості життя його мешканців. Покладаючи в основу моделювання вагові коефіцієнти індикаторів «розумності», отримані методом експертних оцінок, важливою є процедура відбору експертів, що забезпечує об'єктивність оцінок та точність подальших розрахунків.

Отримані нами результати є комбінацією значень, обчислених на основі думок різних експертів за різними критеріями. Для проведення розрахунків лінгвістичні показники переведені у нечіткі числа. Дослідження засвідчило, що встановлення істинних і реальних значень індексів для кожного конкретного міста досягається за участі у цьому процесі відповідних груп експертів з різних галузей та предметних областей.

У роботі представлено методи проведення експертних оцінок, зокрема детально розглянуто підходи щодо формування експертних груп при оцінюванні критерів соціополісу Трускавець. На основні теорії нечіткої логіки обчислено гіпотетичні оцінки «розумності» населених пунктів, що входять до соціополісу «Трускавець». Теоретичні та емпіричні дослідження свідчать про застосовність вищеописаної методики щодо оцінки «розумності» соціополісів та можливості поширення відповідних обчислень для вибору стратегій розвитку та напрямків інвестицій у соціополісі.

Література

1. European Smart Cities/Centre of Regional Science Vienna University of Technology. - Available from: http://www.smart-cities.eu/model.html [last date of access 05.09.12].
2. Lazaroiua G. Definition methodology for the smart cities model / G. Lazaroiua, M. Roscia // Energy. - 2012. - Vol. 47, issue 1. - P. 326–332.
3. Gagliardi F. Evaluation of sustainability of a city through fuzzy logic / F. Gagliardi, M. Roscia, G. Lazaroiu // Energy.- 2007.- Vol. 32, issue 5. - P. 795-802.
4. Рудень В. Методика проведення та оцінки результатів експертних оцінок / Рудень В., Гутор Т. // Український медичний часопис. - 2011. - №2 (82). -С. III – IV.
5. Грабовецький Б. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: [монографія] / Б.Є. Грабовецький. – Вінниця: ВНТУ, 2010. - 171 с.
6. European Commission. Intelligent Energy Europe [Електронний ресурс]. -Режим доступу: https:// ec.europa.eu/energy/intelligent/

7. Buckley J.J. Ranking alternatives using fuzzy numbers / Buckley J.J. // Fuzzy Sets Systems.- 1985.- Vol. 15. - P. 21-31.
8. Yager R.R. A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval / Yager R.R. // Information Sciences.-1981.-24(2). - P. 143-61.

Literatura

1. European Smart Cities/Centre of Regional Science Vienna University of Technology. - Available from: http://www.smart-cities.eu/model.html [last date of access 05.09.12].
2. Lazaroiua G. Definition methodology for the smart cities model / G. Lazaroiua, M. Roscia // Energy. - 2012. - Vol. 47, issue 1. - P. 326–332.
3. Gagliardi F. Evaluation of sustainability of a city through fuzzy logic / F. Gagliardi, M. Roscia, G. Lazaroiu // Energy. - 2007.- Vol. 32, issue 5. - P. 795-802.
4. Ruden' V. Metodyka provedennya ta otsinky rezul'tativ ekspertnykh otsinok / Ruden' V., Hutor T. // Ukrayins'kyy medychnyy chasopys. - 2011. - #2 (82). -S. III – IV.
5. Hrabovets'kyy B. Metody ekspertnykh otsinok: teoriya, metodolohiya, napryamky vykorystannya: [monohrafiya] / B.Ye. Hrabovets'kyy. – Vinnytsya: VNTU, 2010. - 171 s.
6. European Commission. Intelligent Energy Europe [Elektronnyy resurs]. - Rezhym dostupu: https:// ec.europa.eu/energy/intelligent/
7. Buckley J.J. Ranking alternatives using fuzzy numbers / Buckley J.J. // Fuzzy Sets Systems. - 1985.- Vol. 15. - P. 21-31.
8. 8.Yager R.R. A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval / Yager R.R. // Information Sciences. -1981.-24(2). - P. 143-61.

RESUME

D.R. Tabachyshyn, V.S. Lenko, N.E. Kunanets, V.V. Pasichnyk, Y.M. Shcherbyna

An expert evaluation of city sustainability using fuzzy logic

Nowadays a whole range of new city models, called “smart city”, are proposed. They describe processes of functioning of the medium-sized technological communities, interconnected by stability, comfort, attractiveness and safety.

The measurement of “smart sociopolises” is an important applied scientific task, implementation of which would allow cities to reach the status of a “smart” one, in particular for sociopolis “Truskavets”.

Further research is focused on the development of methodological and technological foundations for the formation sociopolis, as “smart” conglomeration of resort towns. Therefore it is planned to create a system of characteristics and special instruments for measuring the “smart” level, based on the collection of relevant linguistic variables and IT procedures for their assessment. Modern methods of evaluation are highly fragmented and not unified.

Надійшла до редакції 15.10.2016